

PENDEKATAN DESAIN PONDASI JALAN DI JALUR PANTURA

Hedy Rahadian

Direktorat Jenderal Bina Marga
Kementerian Pekerjaan Umum &
Perumahan Rakyat
Jalan Pattimura No. 20 Jakarta
rahadian.hedy@gmail.com

Hendarto

Direktorat Jenderal Bina Marga
Kementerian Pekerjaan Umum &
Perumahan Rakyat
Jalan Pattimura No. 20 Jakarta
hendarto@pu.go.id

Julia Augustine

Direktorat Jenderal Bina Marga
Kementerian Pekerjaan Umum &
Perumahan Rakyat
Jalan Pattimura No. 20 Jakarta
juliaag@pu.go.id

Abstract

Pantura Jawa Road, located in the corridor Java's north coast, is a national road which is very important in supporting economic growth in Indonesia, especially in Java economic growth. The road is located in the alluvial deposits in the category of soft soil that is "in the age of resen", meaning younger than 10,000 years in the geological period known as the Holocene. This condition causes a geotechnical failure in some road sections in the Pantura Road. Some conditions, such as overloading, rad hierarchy changes, and environmental conditions in the vicinity of the Pantura Road cause premature damage to pavement before the design life is reached. Pavement design basically assumes that geotechnical problems are solved with geotechnical approaches, including three performance factors that must be considered in the design of embankment on soft soil, namely freeboard, settlement, and the stability of the embankment. Directorate General of Highways has given design guides for road foundation on soft soil, which is in the Pavement Design Manual, which has a strong base approach with a design life of 40 years.

Keywords: soft soil, damage to roads, road foundation, foundation design life

Abstrak

Jalan Pantura yang terletak di koridor Pantai Utara Jawa merupakan jalan nasional yang sangat penting dalam mendukung pertumbuhan ekonomi Indonesia khususnya pertumbuhan ekonomi di Pulau Jawa. Jalan ini berada pada endapan *alluvial* dengan kategori tanah lunak yang "berumur resen", yaitu berumur kurang dari 10.000 tahun yang dalam periode geologi dikenal sebagai Holosen. Kondisi ini menyebabkan terjadinya kegagalan geoteknik di beberapa ruas di Pantura. Beberapa kondisi seperti *overloading*, peralihan hirarki jalan, dan kondisi lingkungan di sekitar Jalan Pantura menyebabkan kerusakan dini perkerasan sebelum umur rencananya tercapai. Desain perkerasan pada dasarnya mengasumsikan permasalahan geoteknik diselesaikan dengan pendekatan geoteknik, di antaranya tiga faktor kinerja yang harus diperhatikan dalam desain timbunan di atas tanah lunak adalah *freeboard*, penurunan, dan stabilitas timbunan. Direktorat Jenderal Bina Marga telah memberikan acuan perencanaan fondasi jalan di atas tanah lunak dalam Manual Desain Perkerasan yang memiliki prinsip *strong base approach* dengan umur rencana fondasi jalan 40 tahun.

Kata-kata kunci: tanah lunak, kerusakan jalan, fondasi jalan, umur rencana fondasi

PENDAHULUAN

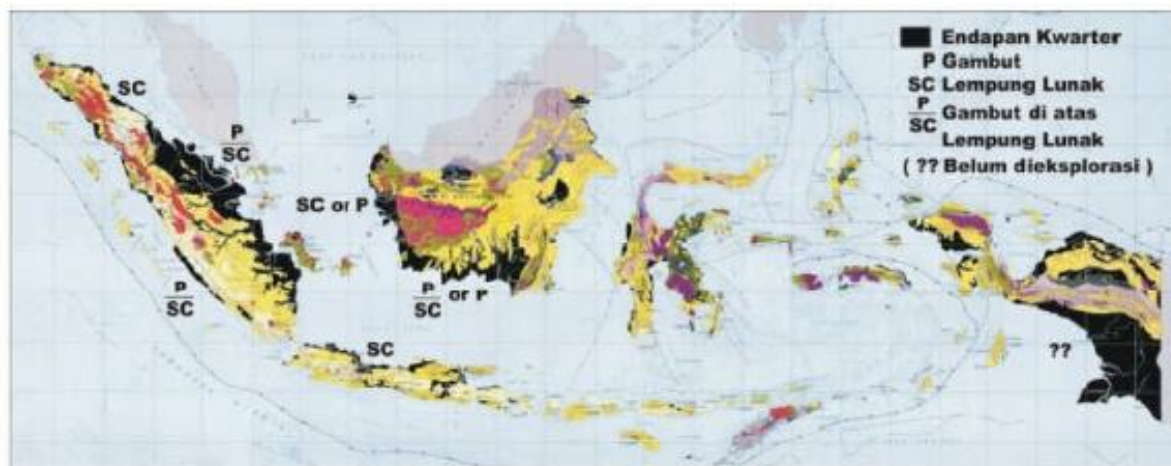
Kondisi geologi Indonesia sangat dipengaruhi pertemuan lempeng tektonik dunia yang ada di sekitar Kepulauan Indonesia. Adanya proses tumbukan lempengan India dan Eurasia di bagian barat Sumatera dan bagian selatan Jawa mengakibatkan terbentuknya punggung pengunungan yang tersebar sepanjang Sumatera dan Jawa.

Kondisi geologi terbentuk dari berbagai tipe batuan yang tergantung dari lokasi terhadap posisi jajaran gunung api. Batuan vulkanik muda dijumpai di sebagian besar Pulau Jawa dan Pulau Sumatera, sedangkan batuan sedimen dan batuan *meta-sedimentary* dijumpai dominan di Pulau Kalimantan. Sementara batuan *matamorpis schist* dan *gneiss* dijumpai di Pulau Sulawesi. Batuan-batuan ini terpengaruh oleh proses pelapukan tropikal yang utamanya merupakan dekomposisi kimia akibat dari suhu panas, curah hujan tinggi, dan tingkat kelembaban tinggi.

Klasifikasi *terrain* Indonesia dapat dikelompokkan ke dalam 4 (empat) kondisi, yaitu: (1) wilayah dataran rendah (14%), (2) *bed rock plain* (27%), (3) *unconsolidated plain* (14%), dan (4) wilayah perbukitan dan wilayah pegunungan (45%) sebagai jenis wilayah yang dominan.

Tanah Lunak

Umumnya tempat-tempat yang mudah dijangkau dan menjadi pusat pertumbuhan ekonomi terletak di dataran rendah yang banyak dijumpai tanah lunak. Demikian juga dengan Indonesia, kota-kota besar dan pusat ekonomi serta Industri banyak terletak di sekitar pesisir pantai dan terletak di atas tanah lunak. Total luasan tanah lunak di Indonesia sekitar 20 juta m² atau sekitar 10% dari total luas daratan Indonesia. Dalam Panduan Geoteknik, tanah lunak dibagi ke dalam tiga tipe, yaitu lempung lunak, lempung organik, dan gambut. Pada dasarnya semua jenis tanah tersebut adalah "berumur resen", yaitu berumur kurang dari 10.000 tahun yang dalam periode geologi dikenal sebagai Holosen.



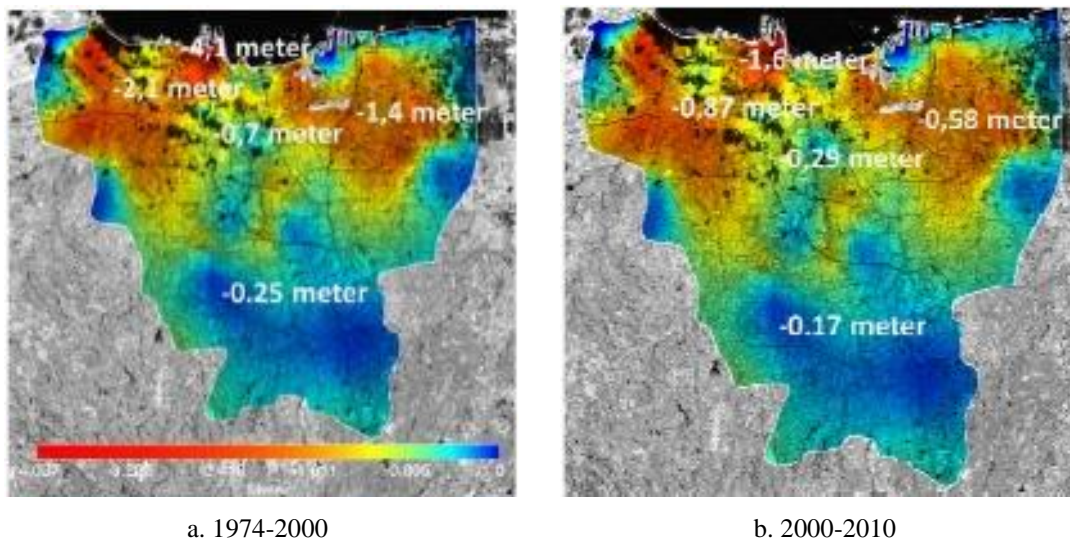
Gambar 1 Sebaran Tanah Lunak di Indonesia

Land Subsidence

Land subsidence mempengaruhi daerah dataran rendah dengan populasi penduduk yang besar. Sebagai contoh adalah Kota Jakarta dan Kota Semarang yang merupakan dua sentra bisnis dan pemerintahan di koridor jalan Pantura. Dari hasil studi yang dilakukan oleh Kelompok Keilmuan Geodesi Institut Teknologi Bandung dengan menggunakan data

leveling tahun 1974, interpolasi dan ekstrapolasi dengan data GPS, didapatkan peta *subsidence* Kota Jakarta untuk periode 1974-2010 (Gambar 2). Hingga tahun 2010 terjadi *land subsidence* dalam area yang lebih luas dan di beberapa tempat rata-rata penurunan yang terjadi lebih besar. *Land subsidence* ini disebabkan oleh percepatan pembangunan area perkotaan dan penggunaan air tanah besar-besaran.

Kasus yang serupa juga terjadi di Kota Semarang dengan tingkat rata-rata penurunan 2 cm-25 cm per tahun. *Land subsidence* yang terjadi di kawasan pantai Kota Semarang telah mengakibatkan banjir rob yang sangat mengganggu aktivitas ekonomi dari dan menuju Pelabuhan Tanjung Emas, Semarang.



Gambar 2 Peta *Subsidence* Kota Jakarta 1974-2010 (Andreas, 2013)

KEGAGALAN STRUKTUR JALUR PANTURA

Lingkar Utara Semarang

Lingkar Utara Semarang adalah jalan arterial nasional dengan panjang 11 km (Kalibanteng *interchange*-Kaligawe). Secara umum jalan lingkar luar utara Semarang berada di kondisi morfologi dataran rendah dengan stratigrafi geologi regional berada di lapisan *Alluvium* (Qa); *gravel, sand, clay, sily, plant remains*; dan *pleistoceve clay* yang umumnya kaku ke keras berwarna abu-abu tetapi kadang-kadang dijumpai lapisan *firm-stiff*.

Dari hasil penyelidikan tanah di Seksi I, II, dan III, dijumpai lapisan tanah sangat lunak dengan deskripsi *very soft to soft clay layer: seashell fragment trace, graysetebal* 22.5-28m (NSPT = 0-8; $q_c=0\sim4$ kg/cm²; $\gamma_{sat}=1.55$ ton/m³) di ketiga seksi Jalan Lingkar Luar Utara Semarang.



Gambar 3 Lingkar Luar Utara Semarang

Kerusakan yang terjadi pada jalan Lingkar Luar Utara Semarang ini adalah kegagalan pada timbunan/*oprit* jembatan dan penurunan jangka panjang (*long term settlement*). Penanganan yang dilakukan adalah mempercepat konsolidasi dengan menggunakan penyalir vertikal juga digunakan dalam pembangunan Jalan Lingkar Utara Semarang Tahap 2 Seksi 1 dengan matras bambu untuk timbunan dengan ketinggian 2-3 m di atas lempung pantai yang sangat lunak. Penyalir vertikal juga telah digunakan untuk reklamasi Pelabuhan Semarang (Rahardjo, dkk., 2000).

Jembatan Comal

Jembatan Comal 1 (sisi utara melayani lalu lintas Jakarta-Semarang) dan 2 (sisi selatan melayani lalu lintas Semarang-Jakarta) mengalami amblas pada tanggal 18 Juli 2014. *Abutment* jembatan Comal 1 mengalami pergerakan rotasi dengan sudut rotasi sekitar 50, sedangkan *abutment* Jembatan Comal 2 mengalami kerusakan yang lebih parah dengan sudut rotasi 450.

Dari sisi dinamika sungai, profil sungai yang berbelok dengan arah arus sungai mendekati sisi barat (sisi *abutment* yang mengalami longsoran). Sebaliknya, pada sisi selatan terjadi proses sedimentasi yang mempersempit lebar arus sungai. Hal ini memperbesar gaya lateral dan daya gerus pada sisi barat. Perletakan jembatan lama yang terletak di tengah sungai mengakibatkan turbulensi lokal dari arus sungai mengakibatkan terjadinya degradasi dasar sungai. Hal ini dapat diketahui dari pengukuran penampang sungai di mana rata-rata dasar sungai yang dekat dengan *abutment* memiliki kedalaman 1,5-1,7 m, sedangkan dasar sungai yang mengalami degradasi memiliki kedalaman 6 m.

Proses *overlay* yang dilakukan sepanjang tahun untuk memenuhi standar pelayanan minimal bagi pengguna lalu lintas menambah *overburden* di bagian *oprit* jembatan. Adapun *overlay* terakhir yang dilakukan adalah pada tanggal 5-7 Juli 2014 setelah terdapat indikasi *oprit* jembatan sisi barat mengalami penurunan.

KONDISI JALAN PANTURA

Sejarah Pembangunan

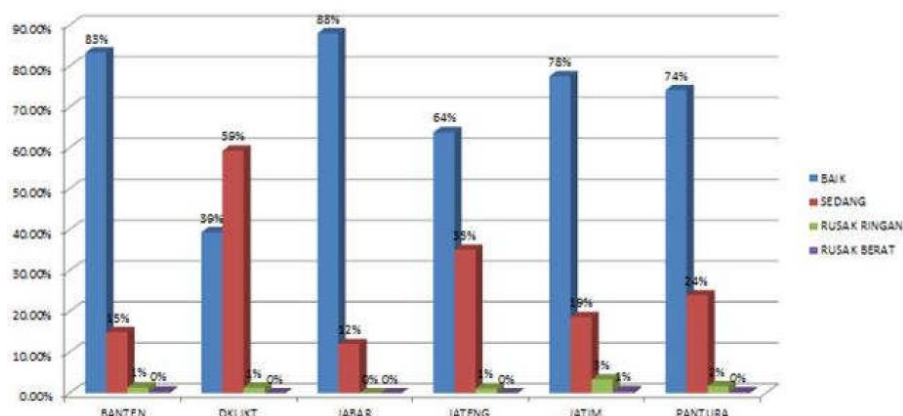
Sebagian besar Jalur Pantai Utara Jawa saat ini adalah peninggalan dari Jalan Raya Pos (*De Grote Postweg*) yang diperintahkan dibangun oleh Herman Willem Daendles, kecuali segmen Jakarta-Bogor-Cianjur-Bandung-Sumedang-Cirebon (Gambar 4). Jalan ini memiliki panjang 1.000 km yang menghubungkan Anyer-Panarukan dengan fungsi utamanya pada saat itu adalah untuk melindungi kepentingan Belanda dari serangan Inggris. Semenjak kemerdekaan Republik Indonesia, jalur Pantura menjadi aset vital dalam pertumbuhan perekonomian dan kewilayahan nasional.



Gambar 4 Jalan Raya Pos (*De Grote Postweg*)

Kondisi Jalan

Jalur lintas utara Jawa sepanjang 1.341,04 km (SK Menteri Pekerjaan Umum No. 631 tahun 2009) yang membentang di 5 (lima) provinsi dengan komposisi jalan terpendek berada di Provinsi DKI Jakarta dengan panjang 63,02 km, sedangkan jalan terpanjang berada di Provinsi Jawa Timur dengan panjang 486,94 km. Tiga provinsi lainnya, yaitu Jawa Tengah, Jawa Barat, dan Banten memiliki panjang 412,07 km, 273,31 km, dan 105,7 km secara berurutan.



Gambar 5 Kondisi Jalan Pantura

Kondisi jalan Pantura secara umum sepanjang 994,08 km dalam kondisi baik, 320,94 km dalam kondisi sedang, 23,39 km dalam kondisi rusak ringan, dan 2,9 km dalam kondisi rusak berat.

Tabel 1 Kondisi Jalan Pantura 2013

Nama Provinsi	Nama Lintas	Panjang (km)	Baik		Sedang		Rusak		Rusak Berat	
			km	%	km	%	km	%	km	%
Jawa Tengah	Jln. Lintas Utara	412,07	263	63,81%	144,5	35,06%	4,64	1,13%	0	0,00%
Jawa Timur	Jln. Lintas Utara	486,94	377,6	77,53%	90,59	18,60%	16,4	3,36%	2,5	0,51%
DKI Jakarta	Jln. Lintas Utara	63,02	24,81	39,36%	37,37	59,29%	0,85	1,35%	0	0,00%
Banten	Jln. Lintas Utara	105,70	88,07	83,31%	15,74	14,89%	1,5	1,42%	0,4	0,38%
Jawa Barat	Jln. Lintas Utara	273,31	240,6	88,02%	32,74	11,98%	0	0,00%	0	0,00%
Total		1.341,04	994,08	74,13%	320,94	23,93%	23,39	1,74%	2,9	0,22%

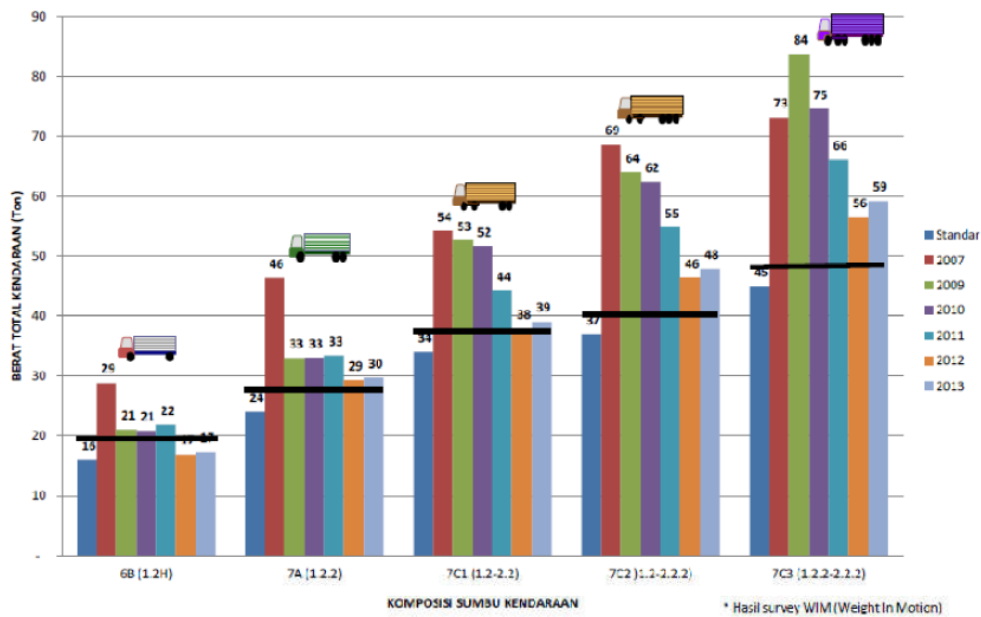
Kondisi Lalulintas

Jalur Pantura membentang sepanjang 1.341 km antara Merak sampai ke Banyuwangi, menampung mayoritas pergerakan lalulintas barat-timur dan sebaliknya. Sekitar 62% lalulintas di Pulau Jawa dipikul oleh Pantura di mana 42% di antaranya adalah lalulintas barang yang diangkut oleh kendaraan berat. Dilihat dari kapasitas jaringan jalan, sepanjang 717 km (53%) jalan telah terdiri atas 4 lajur 2 arah dan sisanya (624 km) masih terdiri dari 2 lajur. Volume lalulintas yang melalui jalur pantura berkisar antara 20.000-70.000 kendaraan per hari. Jenis kendaraan bersifat lalulintas campuran baik dari segi kendaraannya (sepeda, becak, sepeda motor sampai ke tronton), maupun jarak tujuannya (lalulintas lokal dan jarak jauh).

Dari segi tingkat pelayanan jalan (*Level of Service/LOS*), kondisi yang dikategorikan kritis adalah kondisi di mana perbandingan antara volume kendaraan yang melintas dibandingkan dengan kapasitas jalan (V/C) adalah di atas 0,85 atau dengan kata lain jalan dalam kondisi mendekati jenuh. Apabila dilihat dari kerentanan terhadap gangguan, baik akibat pekerjaan penanganan jalan maupun gangguan lalulintas lainnya yang menimbulkan penutupan jalur, kapasitas akan kritis apabila nilai V/C diatas 0,5. Dari data yang ada, lebih dari 90% dari total panjang jalan Jalur Pantura mempunyai nilai V/C di atas 0,5. Artinya, jika terdapat kegiatan atau hal lain yang membutuhkan penutupan jalur akan mengakibatkan kemacetan di atas toleransi normal (30 jam per tahun). Khusus untuk segmen Cikampek-Cirebon di Provinsi Jawa Barat dan segmen Semarang-Bulu sudah dalam kondisi mendekati jenuh atau kritis karena nilai V/C di atas 0,85.

Beban Berlebih

Dari hasil survei Weigh in Motion (WIM) 2007-2013, kelebihan muatan di Pantura berkisar antara 20% s.d. 100% dengan rata-rata 60% dari beban standar. Dampak dari *overloading* mengakibatkan kerusakan jalan sebelum periode/umur teknis rencana tercapai (kerusakan dini), menurunnya tingkat keselamatan, menurunnya tingkat pelayanan lalulintas akibat kemacetan, dan menurunnya kualitas lingkungan akibat polusi.



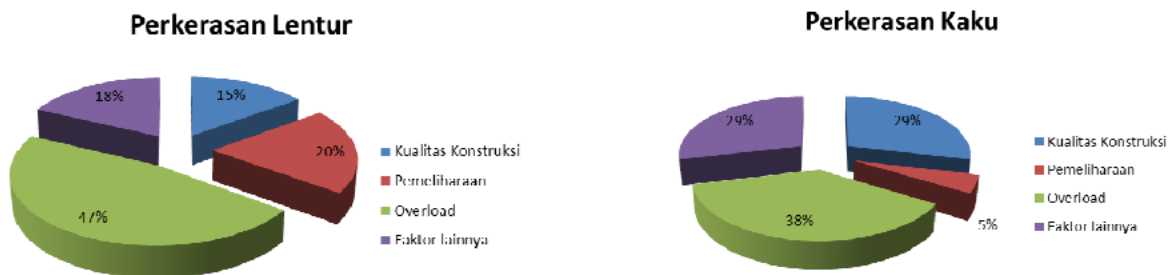
Gambar 6 Hasil Survei WIM 2007-2013 Jalan Pantura

KERUSAKAN DINI PERKERASAN JALAN PANTURA

Kerusakan struktur jalan terjadi karena timbulnya deformasi yang berlebihan pada sistem perkerasan jalan, yaitu pada lapisan perkerasan dan tanah dasar. Deformasi dipengaruhi faktor beban (muatan sumbu kendaraan yang melintas di jalan) dan kekuatan struktur jalan beban (tebal perkerasan, mutu bahan perkerasan, dan kondisi lingkungan seperti tanah dasar dan drainase).

Secara umum penyebab kerusakan jalur pantura adalah:

- 1) Volume lalu lintas, beban lalu lintas (*overloading*).
- 2) Hilangnya hierarki fungsi jalan: akses, gangguan samping, *mixed traffic* yang berimbas pada keamanan, kapasitas jalan, *stop and go traffic*, traksi, dan *time loading*.
- 3) Lingkungan: tanah lunak, muka air tinggi, temperatur tinggi, *land subsidence*, dan banjir.



Gambar 7 Faktor--faktor Penyebab Kerusakan Jalan Pantura (INDII, 2011)

DESAIN PERKERASAN DI ATAS TANAH LUNAK

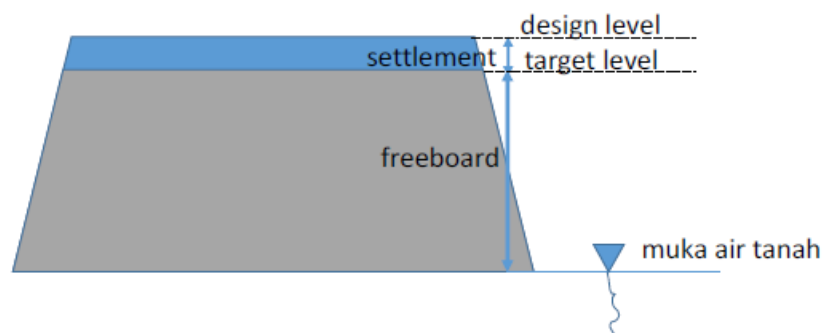
Desain perkerasan pada dasarnya mengasumsikan permasalahan geoteknik diselesaikan secara pendekatan geoteknik. Kriteria kinerja penanganan timbunan di atas tanah lunak adalah:

1) *Freeboard*

Umumnya elevasi rencana dari badan jalan bergantung pada elevasi banjir rencana dari jalan dan tipe struktur fondasi yang akan digunakan. Elevasi Jalan Rencana didefinisikan sebagai elevasi minimum yang bertahan hingga akhir umur pelayanan dari jalan tersebut. Jika perencana tidak diberikan informasi mengenai elevasi rencana atau elevasi rencana akhir dari badan jalan, maka periode ulang elevasi banjir rencana yang direkomendasikan dan tinggi bebas (*freeboard*) untuk tiap kelas jalan dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2 Tinggi Bebas (*Freeboard*) yang Dibutuhkan untuk Timbunan Jalan

Kelas Jalan	Periode Ulang dan Elevasi Banjir (tahun)	Tinggi Bebas (cm)	
		Fondasi dengan Agregat	Fondasi Kaku Semi Kaku
Arteri Utama Kelas I	50	60	40
Kolektor Utama Kelas I	30	50	30
Kolektor Utama Kelas II	20	50	30
Arteri Sekunder Kelas I	30	60	40
Arteri Sekunder Kelas II	20	50	30
Kolektor Sekunder Kelas II	20	50	30
Kolektor Sekunder Kelas III	10	40	20
Lokal Sekunder Kelas III	5	30	20
Lokal Sekunder Kelas IV	5	30	20



Gambar 8 Ilustrasi *Freeboard*

2) Penurunan Setelah Konstruksi

Penurunan timbunan harus dibatasi berdasarkan Tabel 3. Penurunan yang terjadi selama pelaksanaan adalah penurunan yang terjadi sebelum perkerasan jalan dilaksanakan.

3) Stabilitas

Dalam perencanaan konstruksi jalan di atas timbunan yang berada di atas tanah lunak, harus diperhitungkan faktor keamanan (FK) yang dapat mengakomodir derajat ketidakpastian terkait dengan kondisi tanah. Kondisi kritis dari konstruksi timbunan adalah selama masa konstruksi dan segera setelah selesai konstruksi. Untuk itu, diperlukan analisis dengan memperhitungkan FK kondisi jangka pendek dengan menggunakan parameter geser tak terdrainase. Nilai FK harus dimasukkan dalam analisis stabilitas timbunan untuk membatasi tegangan yang terjadi dan untuk mengurangi resiko keruntuhan sampai pada tingkatan yang dapat diterima.

Tabel 3 Batas-batas Penurunan untuk Timbunan pada Umumnya
(Panduan Gambut Pusat Litbang Prasarana Transportasi)

Kelas Jalan	Penurunan yang Disyaratkan Selama s/stot	Kecepatan Penurunan Setelah Konsolidasi mm/tahun
I	> 90%	< 20
II	> 85%	< 50
III	> 80%	< 30
IV	> 75%	< 30

Nilai FK yang diambil harus mempertimbangkan resiko terhadap manusia dan kerugian ekonomi. Risiko utama yang harus dipertimbangkan dalam konstruksi timbunan di atas tanah lunak umumnya terhadap konsekuensi ekonomi. Sebagai contoh konstruksi timbunan yang diperuntukkan untuk *oprit* jembatan memiliki konsekuensi besar terhadap kerugian ekonomi. Kerugian ekonomi akibat amblesnya konstruksi timbunan untuk *oprit* jembatan akan merusak struktur jembatan akibat dari gerakan tanah. Dengan kata lain kegagalan konstruksi timbunan untuk *oprit* jembatan akan menimbulkan kerugian ekonomi yang jauh lebih mahal dibandingkan kegagalan konstruksi timbunan untuk jalan.

Untuk konstruksi timbunan di atas tanah lunak, nilai FK untuk jalan kelas I adalah 1,4 (Tabel 4), kecuali jika metode *berem pratibobot* (*Counterweight Berms*) digunakan maka nilai faktor keamanan dari *berem* dapat dikurangi menjadi 1,2, kecuali bila ada struktur, bangunan atau utilitas lain di dekatnya.

Tabel 4 Faktor Keamanan untuk Stabilitas Timbunan

Kelas Jalan	Faktor
I	1,4
II	1,4
III	1,3

PENDEKATAN DESAIN

Desain merupakan faktor kunci untuk penyelenggaraan jalan yang handal dan efektif. Desain yang baik adalah desain yang mampu mengakomodasi kondisi faktual yang

ada di lapangan dan menghasilkan solusi desain dengan biaya siklus hidup yang lebih rendah dan memberikan kinerja jalan yang baik. Manual Desain Perkerasan (MDP) 2013 memberikan penajaman pada aspek-aspek tertentu dibandingkan pedoman desain yang ada, terutama untuk aspek penentuan umur rencana, pengaruh iklim, analisis beban lalu lintas, dan prinsip *strong base approach*. MDP melakukan penajaman dalam penentuan umur rencana optimum dengan berdasarkan analisis *life cycle cost* untuk mendapatkan biaya terendah. Umur Rencana dalam MDP seperti pada Tabel 5 dan Tabel 6.

Tabel 5 Umur Rencana Optimum untuk Perkerasan Baru

Jenis Perkerasan	Elemen Perkerasan	Umur Rencana (tahun)
Perkerasan lentur	Lapisan aspal dan lapisan berbutir	20
	Fondasi jalan	
Perkerasan kaku	Semua lapisan perkerasan untuk area yang tidak diizinkan sering ditinggikan akibat pelapisan ulang, misal: jalan perkotaan, <i>underpass</i> , jembatan, dan terowongan.	40
	Lapis fondasi atas, lapis fondasi bawah, lapis beton semen, dan fondasi jalan.	
Jalan tanpa penutup	Semua elemen	Minimum 10

Tabel 6 Umur Rencana Optimum untuk Rehabilitasi Perkerasan

Kriteria Beban Lalin (juta ESA ₅)	< 0,5	0,5-30	> 30
Umur Rencana Perkerasan Lentur	Seluruh penanganan-10 tahun	Rekonstruksi-20 tahun Overlay struktural-15 tahun Overlay struktural-10 tahun Penanganan sementara-Sesuai kebutuhan	

MDP secara khusus membahas detail desain tanah dasar jalan dengan menerapkan prinsip *strong base approach*, yaitu umur rencana fondasi jalan yang lebih besar dari umur rencana lapis permukaan. Umur rencana fondasi jalan untuk semua perkerasan baru maupun pelebaran digunakan minimum 40 tahun, dengan alasan:

- Fondasi jalan tidak dapat ditingkatkan selama umur pelayanannya kecuali dengan rekonstruksi total.
- Keretakan dini akan terjadi pada perkerasan kaku pada tanah lunak yang fondasinya didesain lemah (*under design*).
- Perkerasan lentur dengan desain fondasi lemah (*under design*), umumnya selama umur rencana akan membutuhkan perkuatan dengan lapisan aspal struktural, yang berarti biayanya menjadi kurang efektif bila dibandingkan dengan fondasi jalan yang didesain dengan umur rencana lebih panjang.

Ketebalan dari tanah lunak adalah parameter penting untuk pemilihan jenis konstruksi yang akan digunakan. Dalam MDP, pembuangan seluruh tanah lunak dapat dilakukan bila kedalaman tanah lunak didefinisikan sebagai kedalaman di mana daya

dukung tanah lunak mencapai CBR 3% (metode DCP pukulan tunggal) kurang dari 1 meter. Penggunaan lapis penopang dilakukan jika kedalaman landasan tanah lunak berada dalam kedalaman lebih dari 1 meter. Pemilihan hendaknya berdasarkan biaya konstruksi yang lebih rendah antara pengupasan keseluruhan dan penggunaan lapis penopang. Solusi desain fondasi jalan berdasarkan MDP seperti pada Tabel 7.

Tabel 7 Solusi Fondasi Desain Jalan Minimum

CBR Tanah Dasar	Kelas Kekuatan Tanah Dasar	Prosedur Desain Fondasi	Deskripsi Struktur Fondasi Jalan	Lalulintas Lajur Desain Umur Rencana 40 tahun (juta CESA ₅)		
				< 2	2-4	> 4
				Tebal minimum peningkatan tanah dasar		
≥ 6	SG6	A	Perbaikan tanah dasar meliputi bahan stabilitas kapur atau timbunan pilihan (pemadatan berlapis ≤ 200 mm tebal lepas	Tidak perlu peningkatan		
5	SG5			100	150	100
4	SG4			150	200	200
3	SG3			175	250	300
2,5	SG2,5			400	500	350
Tanah ekspansif (<i>potential swell</i> > 5%)		AE		1000	1100	600
Perkerasan lentur di atas tanah lunak ⁵	SG1 aluvial ¹	B	Lepas penopang <i>capping layer</i>) ⁽²⁾⁽⁴⁾	650	750	1200
Tanah gambut dengan HRS atau perkerasan Burda untuk jalan kecil (nilai minimum-peraturan lain digunakan)		D	Lapis penopang berbutir ⁽²⁾⁽⁴⁾	1000	1250	850

(1) Nilai CBR lapangan CBR rendaman tidak relevan.

(2) Di atas lapis penopang harus diasumsikan memiliki nilai CBR ekuivalen 2,5%.

(3) Ketentuan tambahan mungkin berlaku, desain harus dipertimbangkan semau isu kritis.

(4) Tebal lapis penopang dapat dikurangi 300 mm jika tanah asli dipadatkan (tanah lunak kering pada saat konstruksi).

(5) Ditandai oleh kepadatan yang rendah dan CBR lapangan yang rendah di bawah daerah yang dipadatkan.

KESIMPULAN

- 1) Jalur Pantura berada pada endapan *alluvial* dengan kategori tanah lunak yang "berumur resen", yaitu berumur kurang dari 10.000 tahun yang dalam periode geologi dikenal sebagai Holosen. Jalur Pantura juga berada dalam wilayah yang mengalami penurunan regional (*land subsidence*). Kondisi ini menyebabkan beberapa spot di Pantura mengalami kegagalan geoteknis, misal berupa keruntuhan timbunan dan penurunan jangka panjang.
- 2) Kondisi umum yang terjadi Pantura adalah lalulintas yang cukup tinggi dengan kendaraan melintas membawa beban berlebih. Permasalahan ini menyebabkan terjadinya kerusakan dini pada perkerasan jalan berupa retak, lubang, atau amblas.
- 3) Desain perkerasan pada dasarnya mengasumsikan permasalahan geoteknik diselesaikan secara pendekatan geoteknik. Secara geoteknik, kriteria desain yang perlu diperhatikan adalah *freeboard*, penurunan, dan stabilitas timbunan. Untuk perkerasan, pendekatan desain digunakan adalah fondasi jalan dengan umur rencana 40 tahun. Khusus untuk tanah lunak, pendekatan ini berupa penggunaan lapis penopang.

DAFTAR PUSTAKA

- Andreas, H. 2013. *Visit Jakarta 2015, Subsidence Tour*.
- Direktorat Jenderal Bina Marga. 2012. *Manual Desain Perkerasan Jalan No. 02/M/BM/2013*.
- Pusat Litbang Prasarana Transportasi. 2002. *Panduan Geoteknik 1-Proses Pembentukan dan Sifat-Sifat Dasar Tanah Lunak*.
- Pusat Litbang Prasarana Transportasi. 2002. *Panduan Geoteknik 4-Desain dan Konstruksi Timbunan Jalan pada Tanah Lunak*.
- Puslitbang Geologi Bandung. 1996. *Peta Geologi Kuarter Lembar Semarang, Jawa, 5022-II*.
- Rahardjo, P.P., Meilinda, L., dan Yuniati, L. 2000. *Evaluasi Hasil Monitoring Instrumentasi Geoteknik pada Reklamasi Terminal Semen di Atas Tanah Lunak di Semarang*. Prosiding Pertemuan Tahunan IV, INDO-GEO 2000 HATTI, hlm. III-1-III-7.